

CABINAS DE SEGURIDAD BIOLÓGICA

Las cabinas de seguridad biológica son herramientas esenciales en los laboratorios modernos, diseñadas para proteger al operador, al ambiente y a las muestras de contaminantes peligrosos.

Xavier Pardell

Contenido

La cabina de seguridad biológica 2
Cabinas de Seguridad Biológica de Clase I 4
Cabinas de Seguridad Biológica de Clase II 5
Cabinas de Seguridad Biológica de Clase III 7
SEGURIDAD BIOLÓGICA 10
RUTINAS DE MANTENIMIENTO 12
Los cálculos matemáticos 16
Bibliografía: 20

CABINAS DE SEGURIDAD BIOLÓGICA

Las cabinas de seguridad biológica son equipos especializados diseñados para controlar y minimizar la dispersión de aerosoles y micropartículas que pueden generarse durante el manejo de material biológico en laboratorios. Estas partículas, a menudo asociadas con sustancias potencialmente tóxicas o infecciosas, surgen de actividades comunes como la agitación y centrifugación de muestras, el uso de pipetas, o la apertura de recipientes cuyas presiones internas difieren de la atmosférica. Para garantizar un entorno seguro, estas cabinas emplean sistemas de ventilación adecuados que filtran el aire, evitando que los contaminantes se liberen al ambiente.

Estos dispositivos no solo protegen al usuario de posibles exposiciones peligrosas, sino que también resguardan el entorno de trabajo y las propias muestras que se manipulan. Por ejemplo, en laboratorios donde se trabaja con patógenos o cultivos celulares, las cabinas de seguridad biológica son esenciales para prevenir contaminaciones cruzadas y asegurar la integridad de los experimentos. Son conocidas comúnmente como "cabinas de flujo laminar" o "gabinetes de bioseguridad", términos que reflejan su función de mantener un flujo de aire constante y filtrado que aísla el área de trabajo.

Estas cabinas son una herramienta indispensable en los laboratorios modernos, ya que combinan la protección del personal, la preservación del medio ambiente y el cuidado de las muestras, todo ello mediante un diseño eficiente y sistemas de ventilación avanzados. Su uso es fundamental en áreas como la microbiología, la investigación médica y la biotecnología, donde la manipulación segura de materiales biológicos es crítica.

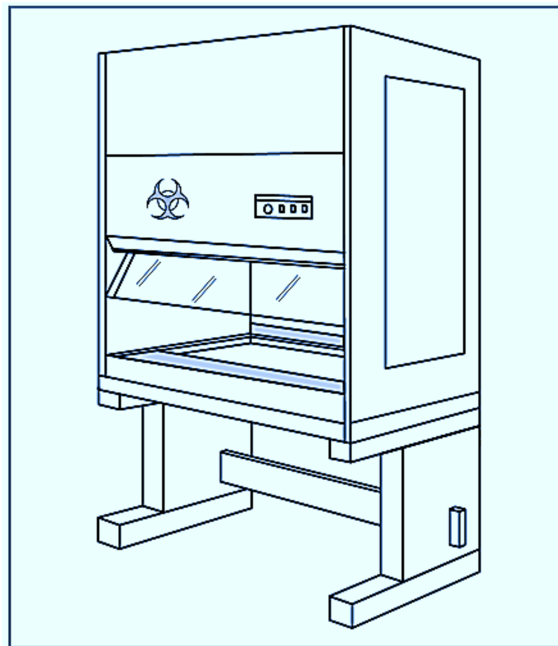
La cabina de seguridad biológica se utiliza con estos fines:

Proteger al trabajador: Estas cabinas están equipadas con sistemas de ventilación avanzados que crean una barrera de aire entre el usuario y el material biológico potencialmente infeccioso. Esto es importante para prevenir la exposición a patógenos que pueden causar enfermedades graves. Por ejemplo, en un laboratorio de virología, el manejo de virus vivos requiere un entorno extremadamente controlado para evitar la diseminación de partículas virales en el aire.

Proteger la muestra: Las cabinas aseguran que las muestras biológicas no se contaminen durante el análisis. El flujo de aire laminar unidireccional pasa a través de filtros HEPA, creando un ambiente estéril que previene la contaminación cruzada. Esto es especialmente importante en el cultivo de células, donde cualquier contaminación puede alterar los resultados de los experimentos.

Proteger el medio ambiente: Además de proteger al usuario y a la muestra, las cabinas de seguridad biológica también están diseñadas para proteger el medio ambiente circundante. Esto es vital cuando se trabaja con agentes tóxicos o patógenos que pueden

transmitirse por vía aérea. Las cabinas aseguran que estos agentes no escapen al ambiente externo, manteniendo así la seguridad del laboratorio y del entorno más amplio.
Estas cabinas se utilizan en una variedad de aplicaciones de rutina, incluyendo el manejo de patógenos como parásitos, bacterias, virus y hongos, así como en el cultivo de células. En condiciones muy precisas, también se pueden utilizar para manejar agentes tóxicos, asegurando que todos los procedimientos se realicen de manera segura y controlada.
Las cabinas de seguridad biológica son indispensables en los laboratorios modernos, proporcionando un entorno seguro y controlado para el manejo de materiales biológicos peligrosos. Su diseño avanzado y sistemas de ventilación eficientes aseguran la protección tanto del personal de laboratorio como del ambiente circundante, garantizando la integridad de las muestras y la seguridad de todos los involucrados.



Cabina de seguridad biológica

La cabina de seguridad biológica es una cámara robusta, generalmente fabricada en metal, con una rejilla de ventilación frontal de vidrio. Su altura puede variar según el modelo, y está equipada con un sistema de ventilación avanzado que incluye un motor eléctrico, un ventilador y un conjunto de conductos. Cuando está en funcionamiento, este sistema crea un ambiente de presión negativa dentro de la cabina, similar a la presión ambiental del laboratorio. Esta condición hace que el aire fluya a través de la apertura frontal de la cámara, formando una cortina de aire que protege al operador de cualquier contaminante presente dentro de la cabina.
Internamente, el aire es dirigido a través de una serie de rejillas y ductos, y finalmente es tratado mediante filtros HEPA (High-Efficiency Particulate Air), que capturan partículas tan pequeñas como 0.3 micrones con una eficiencia del 99.97%. Estos filtros son esenciales para asegurar que el aire que sale de la cabina esté libre de contaminantes peligrosos.

Dependiendo del diseño de la cabina, el aire puede ser reciclado dentro del laboratorio o extraído y renovado en diversas proporciones. Por ejemplo, en las cabinas de Clase II, el aire fluye desde el filtro hacia la superficie de trabajo en un patrón laminar. Este flujo laminar es importante para mantener un ambiente estéril y prevenir la contaminación cruzada de las muestras.

En resumen, las cabinas de seguridad biológica son herramientas esenciales en los laboratorios modernos, diseñadas para proteger al operador, al ambiente y a las muestras de contaminantes peligrosos. Su diseño avanzado y sistemas de ventilación eficientes aseguran un entorno de trabajo seguro y controlado, vital para la investigación y el manejo de materiales biológicos. A continuación, se presenta un resumen de los diferentes tipos de cabinas de seguridad biológica y sus principales características:

Cabinas de Seguridad Biológica de Clase I

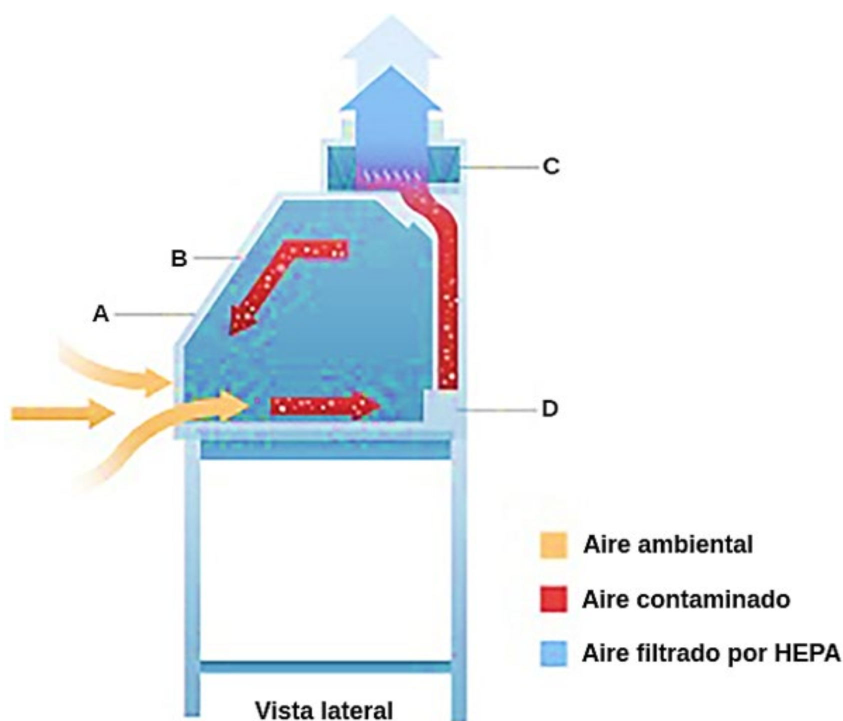


Figura. Cabina de bioseguridad de clase I.
A: frontal abierto,
B: ventana / panel transparente,
C: HEPA de escape,
D: plenum de escape.

Diseño:

Las cabinas de Clase I se caracterizan por su diseño funcional y eficiente. Cuentan con un flujo de aire unidireccional que ingresa a través de la abertura frontal, creando una barrera protectora para el operador. Este aire, junto con los posibles aerosoles o partículas contaminantes, es aspirado y filtrado mediante filtros HEPA (High Efficiency Particulate Air) antes de ser expulsado al exterior o recirculado, dependiendo del modelo. Este sistema garantiza que los agentes peligrosos no escapen al ambiente del laboratorio.

Uso:

Estas cabinas están especialmente diseñadas para proteger al operador y al entorno de trabajo, pero no ofrecen protección para la muestra que se está manipulando. Esto las hace

ideales para situaciones en las que la prioridad es evitar la exposición del personal a materiales biológicos potencialmente infecciosos, sin necesidad de mantener condiciones estériles para las muestras.

Aplicaciones:
Las cabinas de Clase I son ampliamente utilizadas en laboratorios donde se manejan agentes patógenos de riesgo moderado. Por ejemplo, son útiles en la preparación de cultivos bacterianos, la manipulación de sustancias químicas volátiles o el trabajo con materiales que generan aerosoles. También son comunes en laboratorios de enseñanza, donde se requiere un nivel básico de protección para los estudiantes y el personal.
En resumen, las cabinas de Clase I son una solución práctica y efectiva para entornos en los que la seguridad del operador y del ambiente es prioritaria, pero no se requiere un control estricto sobre la contaminación de las muestras. Su diseño sencillo y robusto las convierte en una herramienta esencial en laboratorios de microbiología, investigación y docencia.

Cabinas de Seguridad Biológica de Clase II

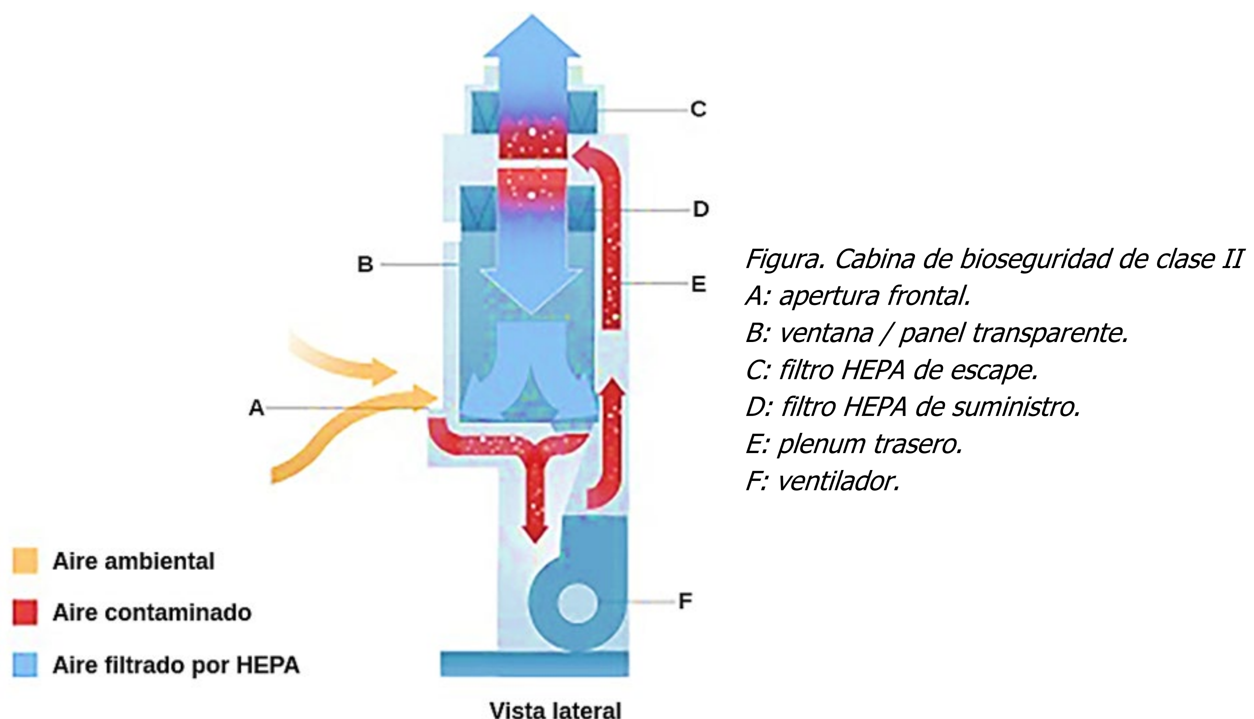


Figura. Cabina de bioseguridad de clase II
A: apertura frontal.
B: ventana / panel transparente.
C: filtro HEPA de escape.
D: filtro HEPA de suministro.
E: plenum trasero.
F: ventilador.

Diseño:
Las cabinas de Clase II son equipos avanzados que emplean un flujo de aire laminar vertical para garantizar una protección integral. Este diseño asegura que tanto el operador como la muestra estén resguardados de posibles contaminaciones. El aire dentro de la cabina circula de manera controlada, pasando a través de filtros HEPA (High Efficiency Particulate Air) que retienen partículas y agentes patógenos antes de ser recirculado parcialmente o liberado al

ambiente. Este sistema crea un entorno seguro y estéril para la manipulación de materiales biológicos.

Tipos:

Existen dos variantes principales de cabinas de Clase II, cada una con características específicas:

Tipo A: En este modelo, una parte del aire filtrado se recicla dentro de la cabina, lo que permite mantener un ambiente estéril, mientras que otra parte es expulsada al exterior después de pasar por los filtros HEPA. Este tipo es ideal para laboratorios donde se requiere un equilibrio entre la protección y la eficiencia energética.

Tipo B: En este caso, todo el aire utilizado dentro de la cabina es expulsado al ambiente después de ser filtrado. Este diseño es más adecuado para trabajos con agentes más peligrosos, ya que elimina por completo el riesgo de recirculación de contaminantes.

Uso:

Las cabinas de Clase II son perfectas para tareas que exigen un alto nivel de protección tanto para el operador como para la muestra y el entorno. Su diseño las hace indispensables en laboratorios donde se manipulan materiales sensibles o potencialmente peligrosos.

Aplicaciones:

Estas cabinas son ampliamente utilizadas en diversas áreas, como el cultivo de células, donde es importante mantener un ambiente estéril para evitar la contaminación de los cultivos. También son esenciales en la manipulación de patógenos, como virus y bacterias, y en trabajos con agentes tóxicos que requieren condiciones controladas. Por ejemplo, en laboratorios de investigación médica o farmacéutica, estas cabinas permiten realizar experimentos con un alto grado de seguridad y precisión.

En resumen, las cabinas de Clase II son una herramienta fundamental en laboratorios modernos, ofreciendo un nivel superior de protección y control en el manejo de materiales biológicos y químicos. Su versatilidad y eficacia las convierten en una opción preferida para aplicaciones que demandan altos estándares de bioseguridad.

Cabinas de Seguridad Biológica de Clase III

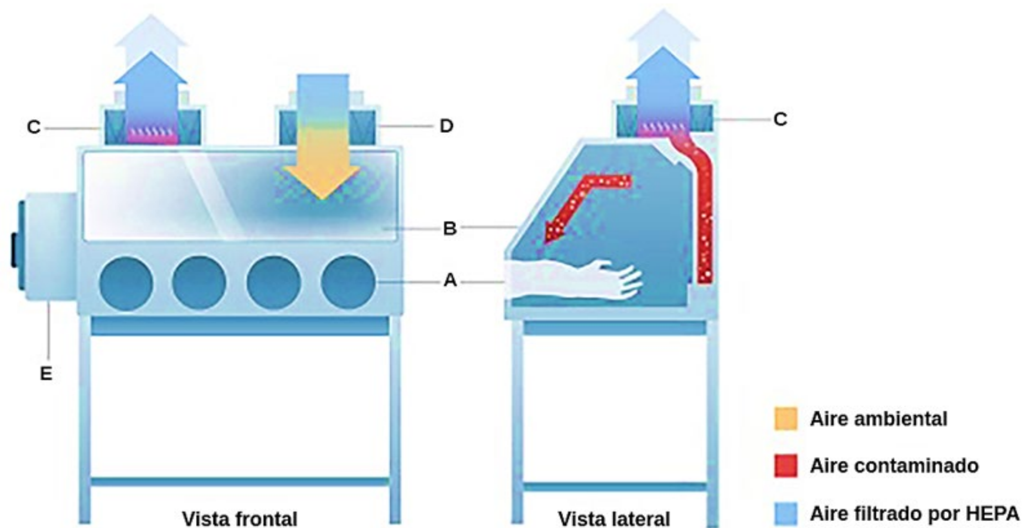


Figura. Cabina de bioseguridad de clase III.
A: cámaras de guantes con juntas tóricas para enganchar guantes de brazo completo.
B: ventana / panel transparente.
C: filtro HEPA de escape.
D: filtro HEPA de suministro.
E: esclusa.

Diseño:
Las cabinas de Clase III representan el nivel más alto de protección en bioseguridad. Están diseñadas como unidades completamente cerradas y herméticas, construidas para evitar cualquier tipo de fuga o contaminación. Cuentan con guantes integrados en su frente, lo que permite al operador manipular materiales de manera segura sin tener contacto directo con el interior de la cabina. El aire dentro de la cabina es extraído de manera continua a través de filtros HEPA (High Efficiency Particulate Air) de alta eficiencia, asegurando que no se recicle ni una fracción del aire contaminado. Este sistema garantiza que tanto el operador como el ambiente exterior estén completamente protegidos.

Uso:
Estas cabinas están diseñadas para proporcionar el máximo nivel de seguridad en el manejo de materiales biológicos peligrosos. Protegen al operador, al ambiente y a la muestra de manera integral, lo que las hace indispensables en situaciones donde el riesgo de exposición a agentes patógenos es extremadamente alto. Su diseño hermético y el uso de guantes integrados aseguran que no haya posibilidad de contacto directo o liberación accidental de agentes infecciosos.

Aplicaciones:
Las cabinas de Clase III se utilizan principalmente en laboratorios de alta contención, donde se manipulan agentes patógenos de alto riesgo que pueden transmitirse por vía aérea. Por ejemplo, son esenciales en la investigación de virus altamente contagiosos, como el Ébola, la tuberculosis o ciertos tipos de influenza. También se emplean en laboratorios de

biodefensa y en instalaciones donde se trabaja con materiales genéticamente modificados que podrían representar un riesgo biológico significativo.

En resumen, las cabinas de Clase III son la opción más segura y confiable para el manejo de materiales biológicos extremadamente peligrosos. Su diseño hermético, combinado con sistemas avanzados de filtración de aire, las convierte en una herramienta indispensable para garantizar la bioseguridad en los entornos de investigación y laboratorios más exigentes.

TIPO DE CABINA	ILUSTRACIÓN	CARACTERÍSTICAS
Clase I Tipo A	Al ducto extractor Filtro HEPA Aire contaminado Área de trabajo Aire habitación CORTE LATERAL	1. Protección ofrecida: al operador y al ambiente. 2. Velocidad del aire al ingresar a la cabina: 38 cm/s. 3. Adecuada para trabajar con agentes clasificados con nivel de bioseguridad[2] 1, 2 ó 3. 4. Sistema de filtración: HEPA, colocado en la extracción. Puede estar o no acoplado a un sistema de extracción conectado al exterior. 5. Desventaja: No protege el producto con el cual se trabaja.
Clase II Tipo A	Aire filtrado HEPA Ventana frontal Abertura frontal Aire habitación Rejilla frontal Aire potencialmente contaminado Filtro HEPA de extracción Filtro HEPA de extracción Flujo vertical laminar Plenum trasero Área de trabajo Rejilla trasera Conjunto motor ventilador Boca de succión ventilador	1. Protección ofrecida: al operador, al producto y al ambiente. 2. Velocidad del aire al ingresar a la cabina: 38 cm/s. 3. Adecuada para trabajar con agentes clasificados con nivel de bioseguridad 1, 2 ó 3. 4. Sistema de filtración: dos filtros HEPA, uno colocado sobre la superficie de trabajo; el segundo en el sistema de extracción de la cabina, el cual puede estar o no acoplado a un sistema de extracción conectado al exterior. Si se acoplan al exterior, utiliza un acople tipo campana. 5. Reciclan aproximadamente el 70 % del volumen de aire y renuevan un 30 %.

Clase II Tipo B1	Ducto de extracción Filtros HEPA Flujo laminar Superficie de trabajo V=100 PLm (50,8 cm/s) Plenum diferenciados	1. Protección ofrecida: al operador, al producto y al ambiente. 2. Velocidad del aire al ingresar a la cabina: 50,8 cm/s. 3. Adecuada para trabajar con agentes clasificados con nivel de bioseguridad 1, 2 ó 3. 4. Sistema de filtración: dos filtros HEPA. Extrae mediante un ducto el aire potencialmente contaminado (70 %) y recicla dentro de la cabina después de filtrarlo el aire tomado del exterior, a través de la rejilla frontal (30 %). 5. Todos los ductos biológicamente contaminados presurizados negativamente. 6. Permite trabajar cantidades mínimas de químicos tóxicos y radionucleidos.

TIPO DE CABINA	ILUSTRACIÓN	CARACTERÍSTICAS
Clase II Tipo B2	Prefiltro Filtro HEPA de suministro V vert = 55 PLm - (28 cm/s) V = 100 PLm - (60,8 cm/s) Rejilla delantera Ducto de extracción Filtro HEPA de extracción Ducto posterior con presión (-) Rejilla trasera VISTA LATERAL	1. Protección ofrecida: al operador, al producto y al ambiente. 2. Velocidad del aire al ingresar a la cabina: 50,8 cm/s. 3. Adecuada para trabajar con agentes clasificados con nivel de bioseguridad 1, 2 ó 3. 4. Sistema de filtración: dos filtros HEPA. Se le conoce como cabina de extracción total. No tienen ningún tipo de recirculación. 5. Todos los ductos biológicamente contaminados presurizados negativamente. 6. Dispone de ducto de extracción; permite trabajar con químicos tóxicos y radionucleidos.
Clase III	Ducto de alimentación de aire Ventana frontal Guantes Ducto de extracción Doble filtro HEPA (extracción) VISTA LATERAL	1. Protección ofrecida: al operador, al producto y al ambiente. 2. Sistema de filtración: dos filtros HEPA en serie en la extracción y un filtro HEPA en la admisión. 3. Adecuada para trabajar con agentes clasificados con nivel de bioseguridad 4. 4. Cabina totalmente sellada. El ingreso y extracción de elementos se efectúan a través de una caja de paso de doble puerta. La manipulación de los materiales los realiza el investigador, a través de guantes sellados en el frente de la cabina.

SEGURIDAD BIOLÓGICA

Los microorganismos se clasifican en cuatro categorías de riesgo basadas en factores como la patogenicidad, la dosis infecciosa, los modos de transmisión, la variedad de huéspedes, y la disponibilidad de medidas preventivas y tratamientos efectivos. Estas categorías son:

Nivel de riesgo 1:

- **Descripción**: Incluye agentes biológicos que rara vez causan enfermedades en humanos o animales sanos.
- **Riesgo:** Bajo riesgo individual y comunitario.
- **Ejemplos:** Bacterias no patógenas utilizadas en investigación básica.

Nivel de riesgo 2:

- **Descripción:** Comprende patógenos que pueden causar enfermedades en humanos o animales, pero que en circunstancias normales no representan un peligro significativo para los trabajadores de laboratorio, la comunidad, los animales domésticos o el ambiente.
- **Riesgo:** Moderado riesgo individual, limitado riesgo comunitario.
- **Medidas:** Existen medidas preventivas y tratamientos efectivos disponibles.
- **Ejemplos:** Bacterias como Salmonela y virus como el de la hepatitis A.

Nivel de riesgo 3:

- **Descripción:** Incluye patógenos que usualmente causan enfermedades graves en humanos y animales, y que tienen un impacto económico serio.
- **Riesgo:** Alto riesgo individual, bajo riesgo comunitario.
- **Transmisión:** No es común el contagio por contacto casual.
- **Tratamiento:** Las enfermedades son tratables con agentes antimicrobianos o antiparasitarios.
- **Ejemplos:** Bacterias como Mycobacterium tuberculosis y virus como el de la fiebre amarilla.

Nivel de riesgo 4:

- **Descripción:** Comprende patógenos que producen enfermedades muy graves en humanos o animales, que a menudo no tienen tratamientos disponibles y se contagian fácilmente de un individuo a otro o de animal a humano.
- **Riesgo:** Alto riesgo individual, alto riesgo comunitario.
- **Transmisión:** Pueden transmitirse directa o indirectamente, o por contacto casual.
- **Ejemplos:** Virus como el Ébola y el Marburg.
- Requisitos para el Funcionamiento Adecuado de una Cabina de Seguridad Biológica
- Para asegurar que una cabina de seguridad biológica funcione correctamente, se deben cumplir varios requisitos esenciales:

Ubicación Adecuada:
La cabina debe estar protegida de corrientes de aire provenientes de ventanas o sistemas de aire acondicionado. Debe ubicarse alejada de zonas de circulación para evitar que las corrientes de aire afecten la cortina de aire dentro de la cabina.
No debe instalarse junto a otras cabinas, como las utilizadas para extraer vapores químicos.

Acometida Eléctrica:
La cabina requiere una conexión eléctrica con elementos de control y seguridad adecuados, incluyendo una toma eléctrica con toma a tierra.

Mesa de Soporte:
La cabina debe colocarse sobre una mesa firme y bien nivelada, diseñada para soportar su peso y permitir al operador trabajar cómodamente.
Debe haber espacio libre para colocar los pies y la altura debe ser adecuada para el operador.

Piso Nivelado:
El piso del lugar donde se instala la cabina debe ser plano y bien nivelado.
Espacio Libre:
Deben respetarse las áreas libres recomendadas por el fabricante alrededor de la cabina.
La altura del piso al techo debe ser la recomendada para un funcionamiento sin inconvenientes.

Conducto de Extracción:
Las cabinas de Clase II requieren un conducto de extracción equipado con dispositivos de control, como válvulas reguladoras que permitan aislar o regular el flujo de aire.

Acometidas de Gases:
Las acometidas de gases deben estar cerca de la cabina para facilitar la conexión a las válvulas de servicio.

Certificación Anual:
La cabina debe certificarse anualmente para verificar el cumplimiento de los requisitos establecidos en la Norma NSF 49.
Estos requisitos aseguran que la cabina de seguridad biológica funcione de manera óptima, proporcionando un entorno seguro para el manejo de materiales biológicos peligrosos y protegiendo tanto al operador como al ambiente circundante.

RUTINAS DE MANTENIMIENTO

Advertencia: El mantenimiento de los componentes internos debe ser realizado exclusivamente por personal entrenado y debidamente certificado. Antes de efectuar cualquier mantenimiento interno, es importante llevar a cabo una descontaminación previa. Además, durante las rutinas de mantenimiento, es obligatorio el uso de elementos de protección personal (EPP).

Descontaminación de la Cabina

La descontaminación de la cabina de seguridad biológica es un paso esencial antes de realizar cualquier trabajo de mantenimiento que implique la apertura de sus superficies o componentes internos. Las situaciones que requieren descontaminación incluyen:

1. Cambio de filtros.
2. Realización de pruebas que requieran acceso a las superficies interiores o expuestas de la cabina.
3. Antes de realizar pruebas de certificación, especialmente si la cabina ha sido utilizada con agentes clasificados como de riesgo biológico de nivel 2 o 3.
4. Antes de trasladar la cabina a una nueva ubicación.
5. Cuando se hayan presentado derrames de sustancias con agentes de alto riesgo.

El procedimiento de descontaminación debe ser definido por el profesional responsable de la seguridad industrial y riesgos profesionales. El Anexo G del Estándar NSF 49 describe el procedimiento para descontaminar las cabinas utilizando formaldehído despolimerizado. Este procedimiento debe ser realizado exclusivamente por profesionales capacitados.

Mantenimiento General

El mantenimiento general de la cabina de seguridad biológica es relativamente sencillo y se divide en rutinas con diferentes frecuencias:

Frecuencia: Semanal

1. Descontaminar la superficie de trabajo y las superficies interiores de la cabina con etanol al 70%.
2. Limpiar el cristal de la puerta frontal y la superficie de la lámpara ultravioleta utilizando una solución limpiadora doméstica.
3. Verificar la lectura del manómetro de presión para conocer la magnitud de la caída de presión del aire que fluye a través del filtro HEPA. Registrar la fecha y la lectura en la bitácora de la cabina.

Frecuencia: Mensual

1. Limpiar las superficies exteriores, especialmente el frente y la parte superior, utilizando una tela húmeda para retirar el polvo.
2. Desinfectar y remover la superficie de trabajo con etanol al 70% o una solución desinfectante adecuada.

3. Desinfectar la superficie del compartimiento inferior con etanol al 70% o una solución desinfectante adecuada.
4. Verificar el estado de las válvulas de servicio.
5. Realizar las tareas de frecuencia semanal.

Frecuencia: Anual

1. Efectuar el proceso de certificación según los lineamientos establecidos en la Norma NSF 49.
2. Verificar con un radiómetro la intensidad de la lámpara UV y sustituirla si es necesario.
3. Comprobar el estado de la lámpara fluorescente y sustituirla si es necesario.
4. Realizar las tareas de frecuencia mensual.

Remover de la Superficie de Trabajo

Para remover la superficie de trabajo, siga estos pasos:

1. Descontaminar la superficie antes de removerla.
2. Aflojar y remover los tornillos de fijación ubicados en la parte delantera de la superficie de trabajo.
3. Aflojar, pero no retirar, los tornillos de fijación ubicados en la parte trasera.
4. Levantar del borde frontal y retirar estirando hacia la parte frontal de la cabina.
5. Descontaminar la parte interior de la superficie de trabajo.
6. Al ensamblar, realizar en orden inverso las actividades descritas en los puntos 2, 3 y 4.

Cambio de la Lámpara Ultravioleta

Para cambiar la lámpara ultravioleta, siga las indicaciones del fabricante. Generalmente, el procedimiento incluye:

1. Encender la cabina y dejarla funcionar durante cinco minutos.
2. Levantar la ventana frontal a su máxima posición.
3. Descontaminar las superficies interiores y la lámpara UV.
4. Desconectar la alimentación eléctrica a la cabina.
5. Desencajar el tubo UV de sus conectores girándolo 90 grados; a continuación, instalar un repuesto de las mismas características del original. Algunos fabricantes han instalado las lámparas sobre una placa localizada en el frente de la cabina, que es necesario destornillar y levantar para que quede a la vista el montaje de la lámpara. Una vez hecho esto, se puede sustituir la lámpara como se indicó al inicio de este procedimiento.

Mantenimiento Especializado

Eventualmente, la cabina podría requerir mantenimiento especializado. Algunos procedimientos que deben ser contratados con firmas especializadas incluyen:

1. Certificación anual según los lineamientos de la Norma NSF 49.
2. Cambio de motores. Generalmente, estos motores utilizan rodamientos sellados libres de mantenimiento y funcionan por inducción mediante control de frecuencia, por lo que carecen de escobillas y pueden trabajar durante años.

3. Cambio de ventiladores.
4. Cambio de filtro HEPA. La frecuencia de cambio depende de la intensidad de uso de la cabina y del sistema de control ambiental instalado en el laboratorio.

La vida útil de las lámparas UV es de aproximadamente 7,500 horas. Algunos fabricantes sugieren sustituirlas anualmente y requieren procedimientos especializados de descontaminación previa.

Tabla de evaluación funcional de cabinas de seguridad biológica

PARÁMETROS	OBSERVACIÓN
Identificación institucional de la cabina	Marca, modelo, tipo, serie, ubicación, código de inventario, fecha.
Eléctricos	
• Voltaje	Medición de voltaje. Requiere voltímetro.
• Amperaje	Medición de amperaje. Requiere voltímetro o pinza amperimétrica.
• Motor/ventilador	Verificación de temperatura de operación. Verificar nivel de ruido y vibración.
• Iluminación - Fluorescente - Ultravioleta	Confirmación del número de horas de operación de las lámparas y de su intensidad lumínica. Requiere radiómetro.
• Tomas eléctricas	Revisión de integridad, calidad del contacto y voltajes disponibles.
• Interruptores	Control de estado e integridad.
• Integridad cables y conectores	Verificación visual.
• Alarmas	Comprobación de estado y calibración.
Físicos	
• Acabados internos/externos	Verificación visual.
• Estado filtros y prefiltros	Verificación visual. No deben existir fugas ni en el material filtrante ni en los sellos.
• Empaques y sellos	Verificación visual. No deben existir fugas.
• Ventana deslizante	Verificación visual. Debe poder moverse suavemente y conservar las posiciones seleccionadas.
Operacionales	
• Velocidad del flujo	Control de velocidades de acuerdo con la clase y tipo de cabina. Requiere anemómetro.
• Nivel de ruido	Requiere sonómetro.
• Diferencial de presión en el filtro HEPA	Tomar lectura del manómetro de la cabina.

[6] La evaluación funcional se fundamenta necesariamente en la disponibilidad –institucional o zonal– de técnicos e ingenieros debidamente capacitados y experimentados.
[7] Cada institución diseña sus propios formatos para el registro administrativo y técnico de mantenimiento.

PARÁMETROS	OBSERVACIÓN
Desempeño	
• Conteo de partículas	Método definido en los Federal Standard 209D, E. Requiere generador de DOP, fotómetro y contador de partículas.
Condiciones del área de instalación	
• Temperatura	Requiere termómetro: aproximada de 20-22 °C.
• Humedad	Requiere higrómetro: aproximada de 45-55 %.
• Limpieza	Debe ser adecuada.
• Corrientes de aire	No debe haber corrientes que afecten el funcionamiento de la cabina.

***Tabla de solución de problemas*[8]**

PROBLEMA	CAUSA PROBABLE	REMEDIO
No encienden la luz ni el sistema de ventilación de la cabina.	Cabina desconectada de la toma eléctrica.	Verificar que la cabina esté conectada a una toma eléctrica y que el cable esté bien conectado en la caja eléctrica de la cabina.
	No hay alimentación eléctrica en la acometida.	Confirmar que la toma eléctrica esté energizada y que el disyuntor no esté desactivado –protección termomagnética–. Inicializar nuevamente los interruptores.
El ventilador de la cabina funciona, pero la lámpara no enciende.	Lámpara defectuosa.	Reemplazar la lámpara. Utilizar una de las mismas características de la original.
	Lámpara mal conectada.	Revisar la conexión de la lámpara. Ajustar a la posición correcta.
	Protección termomagnética del disyuntor activada.	Reconectar el disyuntor.
	Alambrado de la lámpara desconectado.	Revisar alambrado de la lámpara.
	Balasto de la lámpara defectuoso.	Reemplazar balasto.
El ventilador no gira pero la luz enciende.	Ventana frontal cerrada.	Abrir la ventana hasta la posición de trabajo.
	Motor del ventilador defectuoso.	Reemplazar el conjunto motor-ventilador.
	Motor del ventilador desconectado.	Revisar las conexiones del motor.
El manómetro indica un aumento en la caída de presión a través del filtro.	La retención de partículas en el filtro HEPA ha aumentado.	Proceso normal durante la vida útil del filtro.
	Bloqueo en las rejillas o ranuras de retorno.	Verificar que las rejillas no se encuentren obstruidas con algún equipo o material.
	Obstrucción en el conducto de extracción.	Comprobar que no existan bloqueos o restricciones en el conducto de extracción.
	Bloqueo o restricción bajo la superficie de trabajo.	Verificar que el conducto bajo la superficie de trabajo se encuentre libre de obstrucciones.

PROBLEMA	CAUSA PROBABLE	REMEDIO
Se presenta contaminación en las muestras que se trabajan en la cabina.	Procedimientos de trabajo inadecuados.	Revisar que la cabina se utiliza de acuerdo a los procedimientos y a las buenas prácticas.
	Restricciones en las ranuras de retorno o bloqueo del ducto de extracción.	Comprobar que el retorno y el sistema de extracción se encuentren libres de obstrucciones.
	Factores externos a la cabina afectan los patrones de flujo dentro de la misma y causan contaminación.	Verificar la instalación de la cabina y los procedimientos que se están realizando.
	Filtro HEPA defectuoso.	Sustituir filtro HEPA y certificar la cabina.

Los cálculos matemáticos

Los cálculos matemáticos asociados con estas cabinas son importantes para asegurar su correcto funcionamiento y eficiencia. A continuación, se detallan algunos de los cálculos más importantes:

1. **Flujo de Aire y Velocidad del Aire**

Flujo de Aire (Q)

El flujo de aire es una medida del volumen de aire que pasa a través de la cabina en un tiempo determinado. Se calcula utilizando la fórmula:

$$Q = V \times A$$

donde:

- Q es el flujo de aire (en m^3/s o cfm - pies cúbicos por minuto).
- V es la velocidad del aire (en m/s o fpm - pies por minuto).
- A es el área de la sección transversal de la abertura (en m^2 o ft^2).

Velocidad del Aire (V)

La velocidad del aire es crucial para mantener una barrera de aire efectiva que proteja al operador. Se puede calcular utilizando la fórmula:
$V = \frac{Q}{A}$
donde:

- V es la velocidad del aire.
- Q es el flujo de aire.
- A es el área de la sección transversal de la abertura.

2. Caída de Presión a través del Filtro HEPA

La caída de presión (ΔP) a través del filtro HEPA es una medida de la resistencia que el filtro ofrece al flujo de aire. Se calcula utilizando la fórmula:
$\Delta P = P_{\text{entrada}} - P_{\text{salida}}$
donde:

- ΔP es la caída de presión.
- P_{entrada} es la presión del aire antes de pasar por el filtro.
- P_{salida} es la presión del aire después de pasar por el filtro.

3. Eficiencia del Filtro HEPA

La eficiencia del filtro HEPA se mide en términos de su capacidad para capturar partículas de un tamaño específico. La eficiencia (η) se calcula utilizando la fórmula:
$\eta = \left(\frac{C_{\text{entrada}} - C_{\text{salida}}}{C_{\text{entrada}}} \right) \times 100\%$
donde:

- η es la eficiencia del filtro.
- C_{entrada} es la concentración de partículas en el aire de entrada.
- C_{salida} es la concentración de partículas en el aire de salida.

$P = \frac{Q \times \Delta P}{\eta_{\text{ventilador}}}$
donde:

- P es la potencia requerida.
- Q es el flujo de aire.
- ΔP es la caída de presión.
- $\eta_{\text{ventilador}}$ es la eficiencia del ventilador.

Ejemplo Práctico

Supongamos que tenemos una cabina de bioseguridad con las siguientes especificaciones:

- Área de la abertura frontal: $A = 0.5\,\text{m}^2$
- Velocidad del aire: $V = 0.4\,\text{m/s}$
- Caída de presión a través del filtro HEPA: $\Delta P = 200\,\text{Pa}$
- Volumen interno de la cabina: $V_{\text{cabina}} = 1\,\text{m}^3$
- Eficiencia del ventilador: $\eta_{\text{ventilador}} = 0.7$

Cálculo del Flujo de Aire (Q)

$$Q = V \times A = 0.4\,\text{m/s} \times 0.5\,\text{m}^2 = 0.2\,\text{m}^3/\text{s}$$

Cálculo de la Potencia Requerida (P)

$$P = \frac{Q \times \Delta P}{\eta_{\text{ventilador}}} = \frac{0.2\,\text{m}^3/\text{s} \times 200\,\text{Pa}}{0.7} \approx 57.14\,\text{W}$$

Estos cálculos son esenciales para diseñar, operar y mantener cabinas de bioseguridad de manera eficiente y segura.

Para realizar el mantenimiento adecuado de una cabina de seguridad biológica, es fundamental contar con un conjunto de herramientas y equipos específicos. Estos deben garantizar la seguridad del operador y la correcta ejecución de las tareas. A continuación, se detalla el equipo esencial necesario:

1. Equipos de Protección Personal (EPP):

Para proteger al operador durante las tareas de mantenimiento:

- Guantes resistentes a productos químicos.
- Gafas o máscara protectora.
- Mascarilla N95 o superior, especialmente al manipular filtros HEPA.
- Bata de laboratorio o traje de seguridad impermeable.
- Calzado cerrado con protección antideslizante.

2. Herramientas para el Mantenimiento General:

Para realizar tareas de limpieza, desmontaje y ajuste:

- Destornilladores de varios tamaños y tipos (cruz, plano, torx).
- Llaves Allen para ajustes específicos.
- Pinzas largas para manipular piezas pequeñas.
- Cepillos de cerdas suaves para limpieza de superficies delicadas.
- Paños no abrasivos para limpieza de vidrios y superficies.

3. Equipos para la Descontaminación:

Para limpiar la cabina antes de manipular componentes internos:

- Nebulizador o generador de vapor para soluciones desinfectantes.
- Soluciones desinfectantes aprobadas, como etanol al 70%, peróxido de hidrógeno o formaldehído (según normas).
- Recipientes herméticos para desechar residuos biológicos de manera segura.

4. Herramientas de Diagnóstico y Verificación:

Para evaluar el estado de la cabina y sus componentes:

- Manómetro para medir la presión diferencial en filtros HEPA.
- Radiómetro para verificar la intensidad de la lámpara ultravioleta.
- Sensor de flujo de aire para comprobar la velocidad y dirección del flujo laminar.
- Termohigrómetro para medir temperatura y humedad dentro de la cabina.

5. Repuestos y Consumibles:

Para sustituir componentes desgastados o dañados:

- Filtros HEPA de recambio, compatibles con el modelo de la cabina.
- Lámparas UV y fluorescentes nuevas.
- Juntas de goma o sellos para garantizar la hermeticidad.
- Tornillos y piezas pequeñas específicas del modelo.

6. Equipos Especializados:

Para mantenimiento avanzado o situaciones específicas:

- Aspiradora con filtros HEPA para limpieza interna.
- Dispositivos de sellado y válvulas para conductos de aire.
- Software o equipos de certificación según la norma NSF 49, si corresponde.

Consideraciones Finales:

Asegúrate de que el personal encargado del mantenimiento esté capacitado y siga los protocolos establecidos. Además, es fundamental contar con manuales de usuario y mantenimiento del fabricante para cada modelo de cabina, ya que pueden incluir recomendaciones específicas.

Bibliografía:

1. *Cabinas de Seguridad Biológica. Uso, Desinfección y Mantenimiento. Washington D. C.: Organización Panamericana de la Salud, 2022.*
2. *Class II (Laminar flow) Biohazard Cabinetry. NSF International Standard, NSF-49-1992.*
3. *Health Canada. The Laboratory Biosafety Guidelines. 3rd. Edition-Draft, 2011. (www.Hc-sc.gc.ca/hpb/lcdc/biosafety)*
4. *Labconco Corporation. Personnel & Product Protection: A Guide To Biosafety Enclosures. Kansas City, 1993.*
5. *Labconco Corporation. Purifier®Delta®Series, Biological Safety Cabinets. User Manual. Kansas City, Part Nº 36960-20, Rev. A ECO B296.*
6. *Pérez, W. Mantenimiento de cabinas de flujo laminar. Memorias Taller Internacional sobre Calidad en el Laboratorio de Salud Pública, Bogotá: Instituto Nacional de Salud, 2013.*
7. *Primary Containment for Biohazards: Selection, Installation and Use of Biological Safety Cabinets. Washington D. C.: U.S. Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention and National Institutes of Health, 5nd. Edition, 2020.*
8. *UMDNS (Universal Medical Device Nomenclature System™). Product Categories Thesaurus. ECRI, 5200 Butler Pike, Plymouth Meeting, PA, USA, 2000.*